

(19) 日本特許庁 (J P) (12) 公開特許公報 (A)

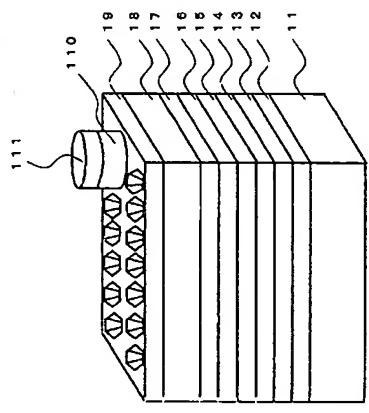
(11) 特許出願公開番号
特開2003-318443
(P2003-318443A)
(43) 公開日 平成15年11月7日 (2003.11.7)

(51) Int.Cl. ⁷ H01L 33/00 21/205	特許第1号 H01L 33/00 21/205	F1 H01L 33/00 21/205	ターボド (参考) C 5F041 5F04U
審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全12頁)			
(21) 出願番号 特開2002-120576 (P2002-120576)	(71) 出願人 00000049 シャープ株式会社 大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号		
(22) 公開日 平成14年4月23日 (2002.4.23)	(72) 発明者 小出 典克 大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号		
	(73) 発明者 シャープ株式会社 備 後 健 大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号		
	(74) 代理人 10064746 弁理士 森見 久郎		

(54) 発明の名称 窒化物系半導体発光素子およびその製造方法

(57) 要約

【課題】 光の外取出り出し効率を向上させ、かつ素子の駆動電圧を低減させることのできる窒化物系半導体発光素子およびその製造方法を提供する。
【解決手段】 支持基板上に形成された反射層と反射層上方に順次積層されたp型窒化物系半導体層、発光層およびn型窒化物系半導体層とを含む窒化物系半導体発光素子であって、上記n型窒化物系半導体層上方に位置する光取り出し面に凹凸が形成されている窒化物系半導体発光素子およびその製造方法であることを特徴とする。



【特許請求の範囲】

- 【請求項1】 支持基板上に形成された反射層と、反射層上方に順次積層されたp型窒化物系半導体層、発光層およびn型窒化物系半導体層とを含む窒化物系半導体発光素子であって、前記n型窒化物系半導体層上方に位置する光取り出し面に凹凸が形成されていることを特徴とする窒化物系半導体発光素子。
- 【請求項2】 窒化シリコン、酸化インジウム、酸化ネオジム、酸化ジルコニウム、酸化チタン、酸化セリウムおよび酸化ビスマスの群からなるいずれか1種からなる高屈折率膜が前記n型窒化物系半導体層上に形成されており、前記高屈折率膜の上面が前記光取り出し面であることを特徴とする請求項1に記載の窒化物系半導体発光素子。
- 【請求項3】 $In_xGa_{1-x}N$ ($0 < x \leq 1$) で表わされる窒化物系半導体層が前記n型窒化物系半導体層上に形成されており、前記窒化物系半導体層の上面が前記光取り出し面であることを特徴とする請求項1に記載の窒化物系半導体発光素子。
- 【請求項4】 前記窒化物系半導体層の最大厚みが200〜800nmの範囲内にあることを特徴とする請求項3に記載の窒化物系半導体発光素子。
- 【請求項5】 シリコンがドーパされた $In_xGa_{1-x}N$ ($0 < x \leq 1$) で表わされる窒化物系半導体層が前記n型窒化物系半導体層上に形成されており、この窒化物系半導体層の上面が前記光取り出し面であって、この窒化物系半導体層中に含まれるシリコン濃度が $5 \times 10^{20} \sim 5 \times 10^{21} \text{ cm}^{-3}$ の範囲内にあることを特徴とする請求項1に記載の窒化物系半導体発光素子。
- 【請求項6】 前記支持基層はニッケルメッキによって形成されており、前記反射層はp型窒化物であることを特徴とする請求項1から5のいずれかに記載の窒化物系半導体発光素子。
- 【請求項7】 請求項1に記載の窒化物系半導体発光素子の製造方法であって、シリコン基版を用いて、このシリコン基版上方にn型窒化物系半導体層、発光層およびp型窒化物系半導体層を順次積層する工程と、p型窒化物系半導体層上に反射層を形成し、この反射層上に支持基版を形成する工程と、前記支持基版を用いてウェハを反転させる工程と、前記シリコン基版を除去する工程と、前記n型窒化物系半導体層上方に、凹凸を有する光取り出し面を形成する工程とを含むことを特徴とする窒化物系半導体発光素子の製造方法。
- 【請求項8】 前記光取り出し面の凹凸は、前記n型窒化物系半導体層を再成長させることにより形成されることを特徴とする請求項7に記載の窒化物系半導体発光素子の製造方法。
- 【請求項9】 前記光取り出し面の凹凸は、前記n型窒化物系半導体層を研磨することにより形成されることを特徴とする請求項7に記載の窒化物系半導体発光素子の製造方法。

製造方法。

- 【請求項10】 前記光取り出し面の凹凸は、前記n型窒化物系半導体層を部分的にエッチングすることにより形成されることを特徴とする請求項7に記載の窒化物系半導体発光素子の製造方法。
- 【発明の詳細な説明】
- 【0001】
- 【発明の属する技術分野】 本発明は一般式 $In_xAl_{1-x}Ga_{1-y}N_{1-x-y-z}$ ($x+y+z=1$, $0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, および $0 \leq z \leq 1$) で表わされる窒化物系半導体を用いた窒化物系半導体発光素子およびその製造方法に関する。
- 【0002】
- 【従来の技術】 従来の窒化物系半導体発光素子は、サファイア基板上に窒化物系半導体層を積層して作製されるものがほとんどであった。しかし、近年ではサファイア基板に比べ安価かつ大面積のシリコン (Si) 基板が、発光素子の製造コスト低減の観点から用いられることも多くなってきている。
- 【0003】 図12にSi基板を用いた従来の窒化物系半導体発光素子の模式的な斜視図を示す。この窒化物系半導体発光素子はSi基板100上にAlNバッファ層101、n型GaN層102、InGaN発光層103、p型AlGaNキャリアブロック層104およびp型GaNコンタクト層105が順次積層されており、p型GaNコンタクト層105上には透光性電極106が形成され、n型GaN層102上にはn型用の電極107が形成されている。さらに、透光性電極106上にはp型用バッテッド電極108が形成され、n型用の電極107上にはn型用パッド電極109が形成されている。
- 【0004】 しかし、この窒化物系半導体発光素子のInGaN発光層103から放射された光のうちSi基板100方向へ向かった光はSi基板100によって吸収されるため、InGaN発光層103から放射された光の外取出り出し効率が低下するという問題があった。
- 【0005】 また、Si基板100上に金属層の反射層を形成することによりSi基板100に光が入射するのを防止して、サファイア基板を用いた場合のように半導体発光素子側面から光を取り出す方法も考えられる。しかし、窒化物系半導体層間の熱膨張係数差から生じる窒化物系半導体層のクラックのため、窒化物系半導体層を厚く形成することができず、発光層から出た光が透過し取り出される割合としての窒化物系半導体層の側面から光を取り出すことによって光の外取出り出し効率が向上させることができないという問題があった。
- 【0006】 これらの問題を解決するため、特開2000-196152公報にはp型GaN半導体層に凹凸を作製した発光素子およびp型GaN半導体層上に形成された透明電極を介して表面に凹凸を有する光取り出し層が設置された発光素子が開示されている。しかし、凹凸

を授けるためp型GaN半導体層の膜厚を厚くした場合は、p型GaN半導体層に多くのクラックが生じ、素子の駆動電圧が増大するという問題があった。これに反して、高温でp型GaN半導体層を成長させ、成長後に窒素雰囲気下で温度を戻した場合にはp型GaN半導体層に引張り応力が加わることによってクラックが生じ、さらにp型GaN半導体層の膜厚が厚いことからクラックが生じやすくなることも推察される。また、p型GaN半導体層は本質的に低抵抗となり、さらに膜厚も厚いため低抵抗となり、このことから素子の駆動電圧が増大する傾向があった。また、p型GaN半導体層上に透明電極を形成した場合でも、p型GaN半導体層と透明電極との間のオーミック特性が悪く、接合層という問題があった。

【発明が解決しようとする課題】上記事情に鑑みて本発明は、発光回路から放射された光の外部取り出し効率を向上させることができ、かつ素子の駆動電圧を低減させることのできる窒化物系半導体発光素子およびその製造方法を提供することを目的とする。

180001

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、本発明は、支持基板上に形成された反射層と反射層上に順次積層されたn型窒化物半導体層、発光層およびp型窒化物半導体層とを含む窒化物半導体構造体（以下、n型窒化物半導体構造体）と、上記n型窒化物半導体構造体上に位置する異子で形成され、上面に窒化物半導体層と反射層とを有する光導出部として、上面に凹凸が形成されている窒化物半導体構造体（以下、光導出部）とを備えることを特徴とする。光導出部は、光導出部を形成する窒化物半導体層と反射層とを有する光導出部として、上面に凹凸が形成されている窒化物半導体構造体（以下、光導出部）とを備えることを特徴とする。

【0009】ここで、本発明の強化物系半導体発光素子においては、強化シリコン（ Si_3N_4 ）、強化インジウムコハロム（ In_2O_3 ）、強化ネオジム（ Nd_2O_3 ）、強化セシウム（ Cs_2O ）、強化チタン（ TiO_2 ）、強化セリウム（ CeO_2 ）および強化ビスマ（ Bi_2O_3 ）の群からなるいずれか1種からなる高屈折率層が上記n型強化物系半導体層上に形成されており、上記高屈折率層の上面が上記光取り出し面であることが好ましい。

【0011】また、本発明の窒化物系半導体発光素子においては、上記窒化物系半導体層の最大厚みが200～800nmの範囲内にあることが好ましい。

(0012) また、本発明の窒化物系半導体発光素子においては、Si がドーパされた $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 < x \leq 1$) で表わされる窒化物系半導体層が上記 n 型窒化物系半導体層上に形成されており、この窒化物系半導体層の上面が上記光取り出し面であって、この窒化物系半導

体層中に含まれる Si 温度が $5 \times 10^{20} \sim 5 \times 10^{21} \text{ cm}^{-3}$ の範囲内にあることが好ましい。

【0013】また、本発明の窒化物系半導体発光素子においては、上記支持基板はニッケル（Ni）メッキによって形成されており、上記反射層はp型用電極であることが好ましい。

【0014】さらに、本発明は、上記窒化物系半導体发光素子製造方法であって、Siⁿ基板を用いて、p型窒化物系半導体膜を順次積層する工程と、p型窒化物系半導体膜上に反射層を形成し、この反射層の上に支持基板を形成する工程と、上記支持基板を用いてウエハを反転させるとして、上記Siⁿ基板を除去する工程と、上記n型窒化物系半導体膜上に、凹部を有する光取り出し面を形成する工程とを含む窒化物系半導体发光素子の製造方法であることを特徴とする。

【0015】ここで、本発明の強化物系半導体発光素子の製造方法においては、上記光取り出し面の凹凸は、上記型強化物系半導体層を再成長させることにより形成されることが好ましい。

【0016】また、本発明の強化物系半導体光素子の製造方法においては、上記光取り出し面の凹凸は、上記n型強化物系半導体層を研磨することにより形成されることが好ましい。

【0017】また、本発明の窒化物系半導体発光素子の製造方法においては、上記光取り出し面の凹凸は、上記n型窒化物系半導体層を部分的にエッチングすることにより形成されることが好ましい。

【0018】
【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について説明する。

【0019】（光取り出し面）本発明の窒化物系半導体は、発光素子は、表面に凹凸を有する光取り出し面を n 型窒化物基板上に設置することと特徴とし、すなわち、発光素子のうち、光取り出し面が平面である場合には、発光層から放射される光のうちで光取り出し面上に対して鋭角屈折角より大きい法線角度で入射した光は光取り出し面において全反射されることが、光取り出し面に凹凸を設けることによってこれらの光が楕に取り出されることとなる。また、光の外周部より出力効率が向上するように p -型窒化物系半導体の上面に凹凸を設ける場合には、最低底面積の p -型窒化物系半導体上に凹凸を設ける。

[illegible]

電極層を設けなかった場合とほとんど変わらない。

【0021】また、光取り出し面はn型窒化物系半導体層の上面であり得るが、 Si_3N_4 、 In_2O_3 、 Nd_2O_3 、 ZrO_2 、 TiO_2 、 CeO_2 およびBi O_3 の族からなるいづれか一種からなる高屈折率膜の上に型窒化物系半導体層上に形成し、この高屈折率膜の上面を光取り出し面とするものである。高屈折率膜の上面を光取り出し面とすることにより、高屈折率膜が小さいことからより多くの光を外部に取り出すことができ得るため光の外取り出し効率の向上を図り得る。また、n型窒化物系半導体層を直接加工する必要がある場合、光取り出し面をn型窒化物系半導体層の上面とした場合と同様またはそれ以上の素子の駆動電圧の低減を図ることができ得る。

【0022】また、 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 < x \leq 1$) で表わされる窒化物系半導体層を上記Ⅱ型窒化物系半導体層の上面に形成し、この窒化物系半導体層の上面を光取り出し面とすることとする。ここで、 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層は GaN 層よりも屈折率が小さいことから光の外観取り出し効率をより向上させ得る。また、 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層は GaN 層よりも結晶性が低いことから凹凸の作製がより容易となり得る。

【0023】ここで、上記 $\ln G_{\text{eff}}/N$ ($0 < \ln G_{\text{eff}}/N \leq 1$) で表わされる発光物質半導体膜の最大厚みが200～800 nmの範囲内に、ことが好ましい。光の外取り出し効率を向上させるためには発光層から放射される光の波長と同程度の厚度が必要であり、上記発光物質半導体膜内部での屈折率と発光波長を割った程度の最大厚みが200～800 nmの範囲内にあることが好ましくもよい。なお、上記の最大厚みが200 nmより小さい場合、光が全反射しやすくなるため光の外取り出し効率が低減する傾向にあり、また800 nmよりも大きい場合、上記の屈折率による屈折から、クラックの発生が生じ、n、p間のリーク電流が生じ、発光効率の低下が見られる傾向にある。

【0024】また、Siがドープされた $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$
($0 < x \leq 1$)で表わされる強化物系半導体層が上記
型化化合物半導体層上に形成されており、この強化物系
半導体層中に含まれるSi濃度が $5 \times 10^{18} \sim 10^{20} \text{ cm}^{-3}$
 21 cm^{-3} の範囲内にあることが好ましい。この場合にも
光の外都取り出し効率をより向上させ得る。また、上記
Si濃度が $5 \times 10^{18} \sim 5 \times 10^{21} \text{ cm}^{-3}$ の範囲内にあ
る場合には、光取り出し面をピラミッド状に形成するこ
とにより容易となし、また、上記Si濃度が $5 \times 10^{18} \sim$
 $5 \times 10^{21} \text{ cm}^{-3}$ 未満であるピラミッド状の凹凸を形成したく

く、上記Si濃度が $5 \times 10^{21} \text{ cm}^{-3}$ よりも大きいと結晶成長が起こりにくく、成膜することができなくなる場合がある。

【0025】また、凹凸が形成された光取り出し面上に

はAl、Ti、Zr、Hf、V、NbおよびITOの群から選ばれ、いずれか1種の金属からなる透光性電極を設けることができる。この場合には素子に注入される電流を素子内においてより広げることができる。

【0026】（凹凸）光取り出し面に形成される凹凸の形状および凸数は特に限定されないが、凹凸の形態としては、たとえば光取り出し面にフレア状のような無数の穴が形成され、光取り出し面が開口して三角柱が突起している形態、光取り出し面に間隔を開けて三角柱が形成されたピラミッド状に突起している形態または、光取り出し面に間隔を開けて突起している三角柱が形成されたアリズム状に突起している形態等がある。

【0027】この四凸の押印方法としては、たとえばn型シリコン半導体層を成長させ、次に成長速度、ガス導出量および成長速度を適宜調整してn型シリコン半導体層上にSi₃N₄層を成長させる方法、n型シリコン半導体層上にSiO₂・Si₃N₄等のマスクを形成して選択的にn型シリコン半導体層を再成長させる方法、ダイヤモンド層またはシリコン層を再成長させる方法、ダイヤモンド層を用いてn型シリコン半導体層を再成長させる方法等がある。

【0028】また他の作製方法としては、たとえばゲイヤマンド粒またはアルミ系半導体の塊を焼付してRIエッチング法によってn型酸化シリコン層の一部にエッチングする方法、またはn型酸化シリコン層全体の上にマスクパターンを形成した後熱処理を行ない、このマスクをRIエッチング法を用いて垂直にエッチングする方法等がある。また、マスクが形成されている部分と、 $1\mu\text{m}$ 程度のストライプ状の幅とした場合には、エッチング条件をコントロールすることでテーパー状なる凹凸構造を作製することも可能である。またこれらの熱処理およびエッチング条件のコントロールの改行を行うことで、かまぼこ形状の光取り出し面とテーパー状なる凹凸構造を作製することも可能となる。なお、テーパーとは1/4円の溝のことである。

【0029】（支持基板）本発明に用いられる支持基板の材質は特に限定されないが、たとえばNiに代装される金、Cu、Au、AuおよびSnからなる合金、導電性金属、樹脂、セラミックス、ガラス、有機材料、有機材料を有するSi、GaAs、GaP、InP等の半導体基板を支持基板としてPdおよびPtからなる接合金属膜により被覆することによって形成されることも可能である。なかでも、支持基板はNiメッキにより形成されていることが好ましい。この場合には支持基板を安面に半導体を実装することができる。【0030】（反射層）本発明に用いられる反射層は、光の取り出し面から効率よく光を取り出す観点からは、反射層に最も反射率が高い材料であるAgを用いることが好ましい。

【0031】また、素子の駆動電圧を低減させる観点から、反折層はp型強化物系半導体層とオミック接触をとるp型用電極であることが好ましい。ここで、p型用電極となる反折層の材質としては、たとえばppd、N

i. A g等を用いることができるが、なかでもPdを用いることが好ましい。これらの材質は通常用いる駆動電流20 mAでの駆動電圧に関し大きな差はないが、Pdを用いた場合にはわずかながら素子の駆動電圧をより低減させることができる。

(0032)したがって、反射率はPdの上にAuを蒸着したp型用電極またはAgの上にAuを蒸着したp型用電極であることがさらに好ましく、Pd/Ag/Auからなる光の反射を兼ね備えたp型用電極であることが最も好ましい。

【0033】（p型置換物系半導体）本発明に用いられるp型置換物系半導体層の材料としては、一般式 $1n$ $Al_xGa_{1-x}N$ （ $x+y+z=1$, $0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$ および $0 \leq z \leq 1$ ）で表わされる置換物系半導体にp型のドーパントが注入されたものが用いられる。ここで、p型のドーパントとしては、従来から公知の材料を用いることができ、たとえばMg、Zn、CdまたはBe等の1組以上の元素が用いられる。

【0034】（発光層）本発明に用いられる発光層の例
質としては、たとえば一般式 $In_xAl_{1-x}Ga_{1-x}N$
 $(x+y+z=1, 0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1 \text{ およ } 0 \leq z \leq 1)$ で表わされる置換化合物が用いられる。
また本発明に用いられる発光層は、MQW（多量子井
戸）発光層またはSQW（単一量子井戸）発光層のい
ずれであってもよい。なお、発光層を $InGaIn$ 、 G
 vN 、 GaN 、 $GaInN$ 、 GaN 、 $GaInPN$ 等
のV族元素として主にNを含むIII-V族置換化合物半
導体としても、本発明の効率が向上し得る。

【0035】(n型置換化合物半導体)本発明に用いられるn型置換化合物半導体材料としては一般式In_{1-x}Al_xGa_{1-y-z}N(x+y+z=1、0≤x≤1、0≤y≤1および0≤z≤1)で表わされる置換化合物半導体(n型のドーパントが注入されたもの)が用いられる。ここで、n型のドーパントには従来から公知の材料を用いることができ、たとえばSi、O、Cl、S、CまたはGe等の1種類以上が用いられる。

【0036】（製造方法）本発明の酸化物系半導体元素化合物系の製造方法は、 S_1 基板を用いて、この S_1 基板上に型酸化物を順次積層する工程と、 p -型酸化物系半導体物質上に反射層を形成し、この反射層上に支持基板を形成する工程と、上記支持基板を用いてウエハを反転させる工程と、上記 S_1 基板を除去する工程と、上記 n -型酸化物系半導体物質上に表面に凹凸を有する光取り出し面を形成する工程とを含んでいる。

【0037】従来技術においてはp型窒化物系半導体層上方に凹凸が設けられている。しかし、本発明においてはSi基板上にn型窒化物系半導体層、光吸収およびp型窒化物系半導体層をこの順で積層した後にp型窒化物系半導体層に支持基板を設置してこれを用いてウエハ

の厚みのA1Nバツファ層112を成長させる。

【0044】次に、キャリアガスとして H_2 を $10L/min$ の割合で装置内に流しながら、 $1150^\circ C$ で NH_3 を $5L/min$ の割合で、TMAを $20\mu mol/m$ の割合で、トリメチルガリウム(TMG)を $20\mu mol/min$ の割合でそれぞれ装置内に導入して $150nm$ の厚みのSiドープングを行なった $Al_{0.5}Ga_{0.5}N$ 層113を成長させる。

【0045】次に、キャリアガスとして H_2 を 1.0 L/min の割合で装置内に流しながら、 1150°C で NH_3 を 5 L/min の流量で、 TMC を $20\mu\text{mol/m}$ の割合で装置内に導入し、さらに SiH_4 ガスを導入して、 $1\mu\text{m}$ の厚みの Si ドープ層を行なった n 型 GaN 層18を成長させる。

【0046】次に、成長温度を910℃に降し、TMIGを20 μ mol/minの割合で、トリメチルインジウム(TMI)を20 μ mol/minの割合で装置内に導入し、300nmの厚さのSiドープIn_{0.1}GaN層17を成長させる。

【0047】次に、TMIの装置内への導入量を約5 μ mol/minに減らすことで、20nmの厚さのSiドープ $\text{In}_{0.03}\text{Ga}_{0.97}\text{N}$ クラッド層16を成長させる。

【0048】次に、基板温度を760℃まで降温し、 $\text{In}_{0.18}\text{Ga}_{0.82}\text{MI}$ を6.5 $\mu\text{mol}/\text{min}$ 、TMGを2.8 $\mu\text{mol}/\text{min}$ の割合で装填内に導入し、 $\text{In}_{0.18}\text{Ga}_{0.82}\text{MI}$ よりなる3 nm厚の井戸層を成長させる。その後再び850℃まで昇温し、TMGを14 $\mu\text{mol}/\text{min}$ 装填内に導入してGaNよりなる障壁層を成長させる。同様に井戸層、障壁層の成長を繰り返して、4ペアからなる多重量子井戸(MQW)のInGaNからなる発光層15を成長させる。ここで $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 発光層は $\text{In}_{0.18}\text{Ga}_{0.82}\text{N}$ の組成から赤色まで発光することにより、バンド間エネルギーが、本実施例では青色まで発光することとなっている。

【0049】上記発光層15の成長が終了した後、最後に成膜室を真空状態に保ち、成膜室中の酸素の濃度と同じ温度で、TMGを $11\mu\text{mol}/\text{min}$ 、 m 、TMAを $1.1\mu\text{mol}/\text{min}$ 、TMLを $40\mu\text{mol}/\text{min}$ 、p型ドーピング原料ガスであるビスシクロペンタジエニルマグネシウムを (Cp_2Mg) を $10\text{nmol}/\text{min}$ の割合で成膜室内に導入し、50nm厚のMgをドーピングした $\text{Al}_{0.25}\text{Ga}_{0.75}$ を、0.95nm/周期となるp型キャリアブロック層14を成膜させる。

このp型キャリアブロック層14の成長が終了すると、1000°Cに昇温した後、TMAの装置内への導入を停止し、100nm厚のMgをドーピングしたGaN層がらなるp型クラッド層13の成長を行なう。

【0050】上述のようにして窒化物系半導体層の成長が終了すると、TMG、及びCp₂Mgの供給を停止した後、このウエハを室温まで冷却し、MOCVD装置よ

を反転させ、その後S基板を除去することによってn型窒化物系半導体層上方に凹凸を有する光取り出し面を形成することができるようにした点に特徴がある。

【0038】したがって、本発明の製造方法を用いて置換化酸素原子を有する発光色素を作用する場合に、上述したように、n型置換化酸素原子を作用した場合には、上述したように厚く形成しても色素の励起効率や電圧特性よりも大幅に低下することができ、また、また基板抵抗が電極の代わりも果てなく形成しても色素の励起効率を従来技術よりも大幅に低下することなく、発光色素の上下電極構造を容易に作製することができ、発光色素のコンパチビ化もより容易に図ることができると考えられる。

【0039】なお、上記型化熱半導体層の積層は従来から公知の方法を用いることができ、たとえばP型法（液相エピタキシー法）、VPE法（気相エピタキシー法）、MOCVD法（有機金属気相成長法）、MBE法（分子線エピタキシー法）、ガスソースMBE法などはこれらの方法を組み合わせた方法等を用いることができる。また、反射層、支持基板などは電極の形成方法として、たとえば真空中蒸着法、スパッタリング法、電解メッキ法、無電解メッキ法などによってこれらの方法を組み合わせた方法等を用いることができる。

【0040】
【実施例】以下、実施例を用いて本発明をより詳細に説明するが、本発明はこれに限定されるものではない。

【0041】（実施例1）図1に本発明の実施例1の型例の系半導体基板上に形成された斜削面を示す。本実施例の型例は、系半導体基板上に、電極を兼ねたn型メッ
キヤンからなる支持基板11上にn型用電極12が形成さ
れ、p型用電極12上にp型GaNクラッド層13、p型
型AlGaIn異質キャリアクラッド層14、inGa
1_n、nからなる発光層15、Siドープn型In_{0.4}G
_{0.6}N層17およびSiドープn型GaNクラッド層
18が順次堆積されている。また、n型GaNクラッド
層18の上面には、再成膜工程で作製した凹凸
を有するn型GaN光取り出し層19が形成されてお
り、n型GaN光取り出し層19の一部にn型用電極1
10、n型用ボンディング電極111が形成されてい
る。

【0042】以下に、図2および図3を用いて、本発明の例の強化物系半導体発光素子の製造方法について説明する。まず、1°程度わずかに欠陥したSi(111)基板10を、有機溶剤洗浄さらには5%HF水溶液で1分洗浄した後、MOCVD装置内に導入し、水素(H₂)雰囲気の中で、約900°Cの高温ケルリーニングを行う。【0043】次に、キャリアガスとしてH₂を10L/minの割合で装置内に流しながら、1200°CでNH₃を5L/minの割合で、トリメチルアルミニウム(TMA)を20μmol/minの割合で装置内に導入して、図2に示すようにSi基板10上に200nm

り取り出す。

【0051】次に、電子ビーム（EB）蒸着装置を用い、p型クラッド層13上にp型用電極12としてPdを5nmの膜厚で蒸着した後、Au金を500nm蒸着する。その後、電解メッキ法によりp型用電極12上にNiメッキを100μm形成して支持基板11とする。

【0052】次に、図3に示すように、支持基板11を用いてウェハを反転させ、Si基板10をHFおよびHNO₃からなるエッチャントでエッチングをすることにより除去し、AINバッファ層112およびAl_{0.5}Ga_{0.5}N層113をRIE法（反応性イオンエッチング法）により除去する。

【0053】そして、Si基板等を除去したウエハをMOCVD装置にセッティングした後、H₂雰囲気下で、約1000℃の高温で一且表面ダメージ層や酸化層の除去すること、ウエハ表面のクリーニングを行なう。

【0054】その後、キャリアガスとして H_2 を10L/minの割合で流しながら、900°Cで NH_3 を5L/minの割合で、TMGを50 $\mu\text{mol/min}$ の割合で、さらには、型用のSiのドーパントガスとして SiH_4 を、それぞれ装置内に導入し、最大厚みが400 nmのn型GaNとなる凹凸構造を有した光取り出し層19を成長させる。900°Cにおいては、光取り出し層19の成長速度を上げること、若しくは NH_3 ガスの導入量を下げること、無数の有した凹凸構造の光取り出し層19の作製が可能となる。

(0055) これら上記の手法で凹凸を形成した置換物系半導体発光素子上の一部に、 n 電極 110、ボンディング電極 111 を形成し、最後にその基盤をダイシング装置で一辺 $300\mu\text{m}$ 角に分割して本実施例の置換物系半導体発光素子が完成する。

【0056】上述のように、加工性の高いSi基板に、窒化物系半導体膜及び光導子をエピタキシャル成長させ、型GaN層に反射層の高い電阻を設けた上で、支持基板11を用いて転写し、型GaN層間と同じ窒化物結晶品からなる凹凸を設けることによって、光の外取出り効率が高く、かつ電気伝導性にも支障のない、高輝度の窒化物系半導体膜発光導子を作製することができ、

【0057】（実施例2）図4に本発明の実施例2の有機物系半導体発光素子の模式的な斜視図を示す。本実施例の有機物系半導体発光素子は、凹凸を有するn型Ga_nN光取り出し層29の上にA1からなる透光性電極層213が蒸着法により形成されていることを特徴とする。

【0058】本実施例の強化物系半導体発光素子は、電極を被わたるNiメッキからなる支持基板21上にp型用電極22が形成され、p型用電極22上にp型GaInラッド層23、p型AlGaInキャリアアブソルク層24、InGaInからなる発光層25、Siドープ

n型 $\text{In}_{0.03}\text{Ga}_{0.97}\text{N}$ クラッド層26、Siドープn型 $\text{In}_{0.03}\text{Ga}_{0.97}\text{N}$ 層27およびSiドープn型 GaN クラッド層28が順次積層されている。そして、n型 GaN クラッド層28の上面には、再成長を行うこととして作製した凹凸を有するn型 GaN 光取り出し層29が形成されている。

【0059】さらに、実施例2の強化物系半導体発光素子においては、凹部を有するn型Ga_{0.9}N_{0.1}光取り出し層219の上面にA1からなる透光性電極層2113が蒸着されており、透光性電極層2113の上面の一部にn型形成されており、透光性電極層2113の上面の一部にn型用電極210、n型用ボンディング電極2111が形成されている。上述した本実施例においても、光の外方形成されている、強化物系半導体発光素子における光取り出し効率が低い、高程度の強化物系半導体発光素子を作製することができ、その他は実施例1と同様である。

【0060】（実施例3）図5に本発明の実施例3の型
所の強化物系半導体発光素子は、Siドープn型GaN
層クラッド層38の上面にSiO₂からなるマスク3
14が形成されており、選択的に成長されたn型GaN
層11が形成されている。図5に示すように、面39a
が形成されていることを特徴とする。

【0061】本実施例の窒化物系半導体発光素子は、電極を兼ねたN型メッキからなる支持基板31上にP型用クラッド層32が形成され、P型用電圧GaNクランプラッド層33、P型AlGaInキャリヤプロパゲーション層34、 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}$ からなる発光層35、Siドープn型 $\text{In}_{0.93}\text{Ga}_{0.07}\text{As}$ クラッド層36、Siドープn型 $\text{In}_{0.9}\text{Ga}_{0.1}$ クラッド層37およびSiドープn型GaNクラッド層38が順次積層されている。また、n型GaNクラッド層38の上面上には再成長を行なうことで作製された凹凸を有する型GaN光取り出し層39が形成されている。n型GaN光取り出し層39の一部は、用電層310、型ポンディング電極311が形成されている。さらに、n型GaN層クラッド層38の上面上には SiO_2 からなるマスク314が形成されており、選択的に成長させたn型GaN光取り出し層39にピッチ状の光取り出し面39aが形成されている。上述した本実施例においても、光の外側取り出し効率を高くし、高輝度の窒化物系半導体発光素子を作製することとなる。そのためは実施例1と同様である。

【0062】(実施例4)図6に本発明の実例4の窒化物系半導体発光素子の模式的な斜視図を示す。実施例4の窒化物系半導体発光素子においてはn型GaN光取り出し層49に於いては上述の光取り出し面49aが形成されており、光取り出し面49aの間はテーパ構造となっており、これを特徴とする。

【0063】本実施例の窒化物系半導体発光素子は、電極を兼ねたNiメッキからなる支持基板41上にp型用電極42が形成され、p型用電極42上にp型GaNク

1と同様である。〔0065〕（実施例5）図7に本発明の実施例5の窒化物系半導体発光素子の模式的な斜視図を示す。本実施例5の窒化物系半導体発光素子においてはn型Ga_{0.4}N光取出し層59がアブリズム状に形成されていることを特徴とする。

【0066】本実施例の窒化水素系半導体発光素子は、電極面を兼ねたNiメッキからなる支持基板51上にp型用インジウムガリウム窒化物層52上にp型GaNクラックラック層53、p型Al_{0.20}Ga_{0.75}In_{0.05}Nクラックラック層54、発光層55およびSiドナー型GaNクラックラック層58が順次積層されており、n型GaNクラックラック層58の上面には再成長を行うことで作製した凹凸を有するn型GaN光取り出し層59が形成されている。このn型GaN光取り出し層59の一部に形成されている、このn型インジウムガリウム窒化物層510、n型用ボンディング電極511が形成されている。

【0067】以下に、本発明の窒化半導体発光素子の製造方法について説明する。まず、図8(a)はS_i基板20の(001)面60と(111)面70とを有する窒化半導体膜の断面図であり、図8(b)および図8(c)はS_i基板20を有する窒化半導体膜の断面図である。

【0068】この図8(a)～(c)に示すように、
(001)主面60より[01-1]軸のまわりで7、
3・回転したSi基板20若しくは、この面から任意の

方向に3°以内の範囲で傾いた面に対して、部分的にS₁O₂5.14によるマスクを施し、そのS₁O₂5.14からなるマスキのない開口部分に対してエッチングを行なうことである。この(100)主面60とエッチ角6.2°とすることにより、図11の(111)フアセット面61を保持溝を形成し、その面に強化物質主溝体空隙をエピタキシャル成長させることとなる(111)フアセット面70を成長面としたG₁AN系半導体基板の製造が可能である。

【0069】ここで用いたS1基板20は(001)主面60から71、主面60から[0-1-1]方向に傾けた、すなわち(001)主面60から[0-1-1]軸のまわりで71、3°回転した主面60を持つものであり、これにより(1-101)ファセット面70はS1基板20の主面60とはほぼ同じ方向を持つことができる。なお、この面の面から任意の方向に3°以内の範囲で傾いている場合でも(1-101)面を有する極めて平坦な面が得られる。

【0070】そこで、図9(a)、図9(b)、図9(c)および図9(d)の順に、次第に填上の上にのみ置かれた半導体膜の結晶成長を進行させ、さらに連続膜の上に置かれた半導体膜の結晶成長を形成させ、できた連続膜の上にp型電極52およびN⁺メッキ51を支持基板として作製した後、S⁺基板20を除去することで、このS⁺基板20の(111)フェセット面61によって形成されたアリスルスの凹凸を有する光り取り出し面を用いた本実施例の置換性半導体発光素子を完成させることができる。

【0071】以下、具体的に説明すると、まず、上記で説明したSi基板20aを洗浄し、その上に、スパッタもしくはCVDの技術を用い、図10(a)に示すようにSiO₂マスク514を100nm増設させる。その後、フォトリソグラフィの技術を行なうことで、部分的にそのウエハをパターニングしてフラットな状態の緩エッチング層によって、図10(b)に示すように(111)フアセット面61aをも形成させる。この際は、Si基板200の[01-1]方向に延伸したストライプ状の溝である。ここで、Si基板200の主面60と(111)フアセット面61とのなす角は約62°である。次に、図10(c)に示すように(111)フアセット面61の対向面にSiO₂マスク514aを形成する。

【0072】次に、Si基板20のファセット面61上
にMOCVD（有機金属化学気相成長）法を用いて、以
下の成長条件で窒化物半導体膜を成長させる。以下、具
体的に説明する。

【0073】まず、上記で記したプロセスによって溝を形成したシリコン基板20をMOCVD装置内に導入し、H₂雰囲気の中で、約1100℃の高温でクリーニングを行う。

【0074】次に、キャリアガスとしてH₂を10L／

【0079】（比較例1）実施例1の窒化物系半導体発光素子の構成において、光取り出し面19を形成せず、n型Ga_{0.99}N層クラッド層18上に直接n型用電極110を設けた構成のものを比較例1の窒化物系半導体発光素子とした。

【0080】（比較例2）実施例1の窒化物系半導体発光素子の構成において、n型とp型とを入れ替えた構成のものを比較例2の窒化物系半導体発光素子とした。

	実施例					比較例	
	1	2	3	4	5	1	2
駆動電圧 (V)	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	4.5
光取り出し 効率(mW)	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	2.0

【0083】表1からわかるように、実施例1～5の窒化物系半導体発光素子は比較例1の窒化物系半導体発光素子と駆動電圧は3.5Vで同等であるが、実施例1～5の窒化物系半導体発光素子の光取り出し効率は2.0mWであり、比較例1の窒化物系半導体発光素子の光取り出し効率は1.5mWであることから、実施例1～5の窒化物系半導体発光素子は比較例1の窒化物系半導体発光素子よりも光取り出し効率に優れていた。

【0084】また、実施例1～5の窒化物系半導体発光素子の駆動電圧は3.5Vであり、比較例2の窒化物系半導体発光素子の駆動電圧は4.5Vであることから、実施例1～5の窒化物系半導体発光素子は比較例2の窒化物系半導体発光素子よりも駆動電圧を低下させることができた。

【0085】今回開示された実施の形態および実施例はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は上記した説明ではなくて特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内のすべての変更が含まれることが意図される。

【0086】【発明の効果】上述したように本発明によれば、加工性の高いSi基板上に、窒化物系半導体発光素子をエピタキシャル成長させ、p型窒化物系半導体層側に反射層の高い電極を設けた後、支持基板を用いてウェハを反転し、導電性の高いn型窒化物系半導体層側に凹凸を設けることによって、駆動電圧が低く、光の取り出し効率の高い高効率の窒化物系半導体発光素子を作製することが可能となった。

【図面の簡単な説明】

【図1】実施例1の窒化物系半導体発光素子の模式的な斜視図である。

【図2】p型クラッド層形成後の実施例1の窒化物系半導体発光素子の模式的な斜視図である。

【図3】Si基板除去後の実施例1の窒化物系半導体

【0081】（測定結果）実施例1～5および比較例1～2の窒化物系半導体発光素子の駆動電圧と光取り出し効率の測定を行った。下記表1に実施例1～5および比較例1～2の窒化物系半導体発光素子の測定結果を示す。

【0082】

【表1】

発光素子の模式的な斜視図である。

【図4】実施例2の窒化物系半導体発光素子の模式的な斜視図である。

【図5】実施例3の窒化物系半導体発光素子の模式的な斜視図である。

【図6】実施例4の窒化物系半導体発光素子の模式的な斜視図である。

【図7】実施例5の窒化物系半導体発光素子の模式的な斜視図である。

【図8】Si基板とファセット面との関係を示した模式的な概念図である。

【図9】窒化物系半導体層の結晶成長の進行を示した模式的な概念図である。

【図10】Si基板の一部を除去してファセット面を形成する過程の一例を示した模式的な概念図である。

【図11】実施例5の窒化物系半導体発光素子の作製過程の一例を示した模式的な概念図である。

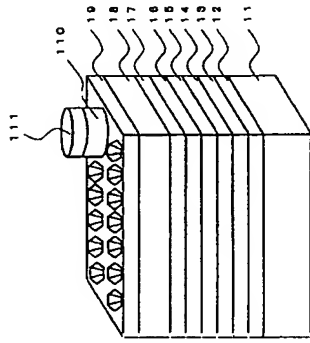
【図12】従来の窒化物系半導体発光素子の模式的な斜視図である。

【符号の説明】

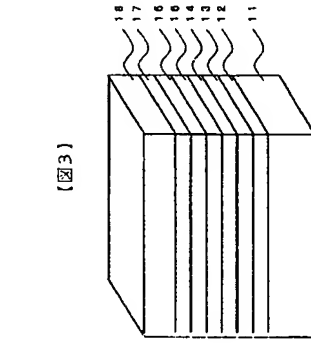
11, 21, 31, 41, 51 支持基板、12, 22, 32, 42, 52 p型用電極、13, 23, 33, 43, 53 p型クラッド層、14, 24, 34, 44, 54 p型キャリアアブレーション層、15, 25, 35, 45, 55 発光層、16, 26, 36, 46 n型In_{0.99}Ga_{0.01}N層クラッド層、17, 27, 37, 47 n型In_{0.99}Ga_{0.01}N層、18, 28, 38, 48, 58 n型Ga_{0.99}N層クラッド層、19, 29, 39, 49, 59 光取り出し面、39a, 49a 光取り出し面、110, 210, 310, 410, 510 n型用電極、111, 211, 311, 411, 511 n型用ボンディング電極、112, 101, 120 パツファマ層、113 Al_{0.99}Ga_{0.01}N層、213 透光性電極層、314, 514, 514a, 714a, 714b, 1020, 100 Si基板、60 主面、61, 70 ファセット面、102 n型Ga_{0.99}N層、103 i

nGa_{0.99}N層、104 p型AlGa_{0.99}Nキャリアブレーション層、105 p型Ga_{0.99}Nコンタクト層、106 透光層、107 n型用の電極、108 p型用パッド電極、109 n型用パッド電極。

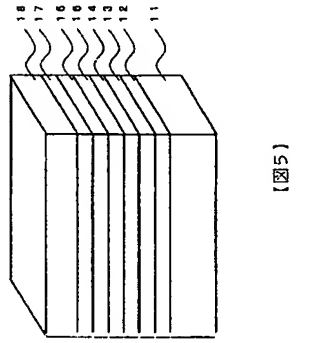
【図1】



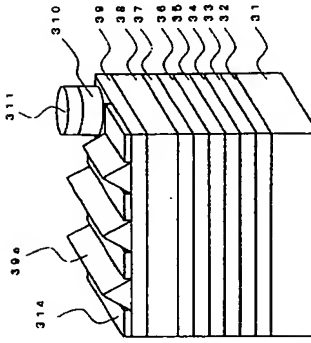
【図4】



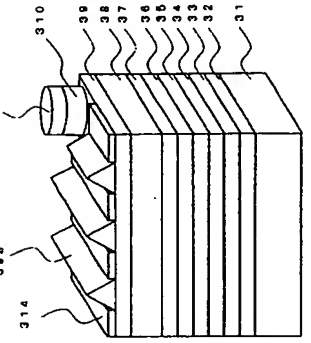
【図3】



【図5】



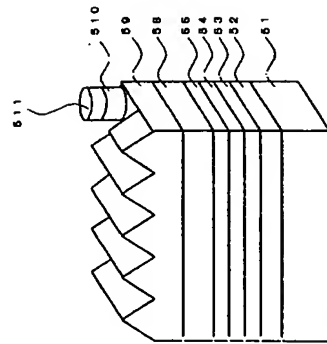
【図6】



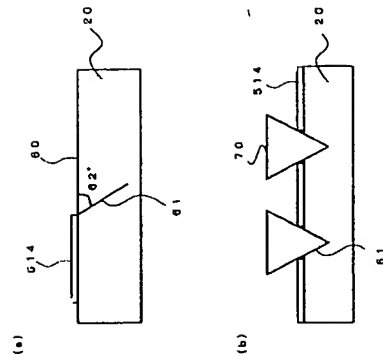
【図2】



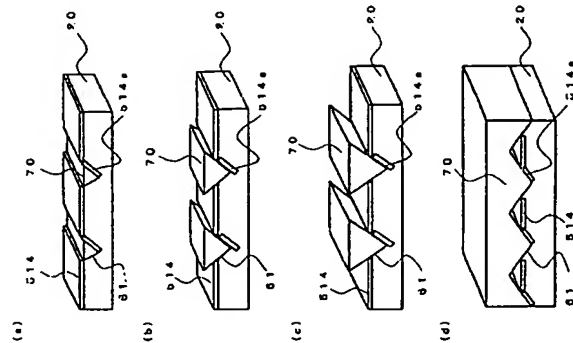
【図7】



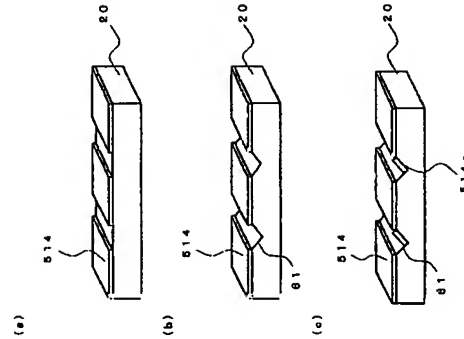
【図8】



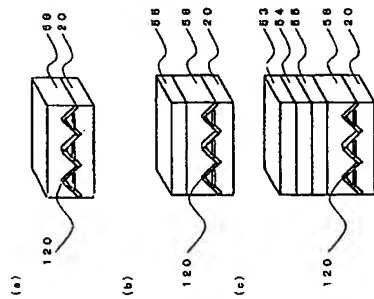
【図9】



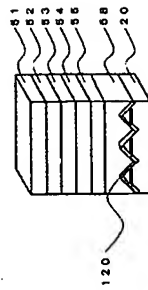
【図10】



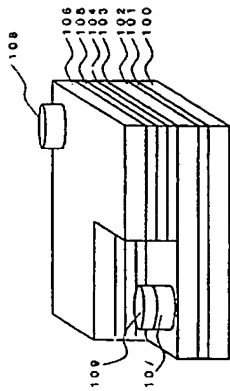
【図11】



(d)



【図12】



フロントページの続き

(72)発明者 荻田 麻祐子
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号
ヤープ株式会社内
(72)発明者 木村 大寛
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号
ヤープ株式会社内

Fターム(参考) 5F041 A003 A024 CA05 CA23 CA33
CA34 CA40 CA65 CA74 CA82
CA92 CB15
5F045 AA04 AB09 AB14 AB17 AB18
AC01 AC09 AC12 AD11 AD12
AD13 AD14 AD15 AF03 AF04
AF05 CA11 DA52 HA04